

жинными манометрами и цифровым комплексом ИПДЦ с погрешностью ± 0.005 МПа. Погрешность определения времени ожидания вскипания не превышала 0.01 сек. Времена жизни измерены при давлениях $p = 1.6, 2.0$ МПа и концентрациях водорода в растворе $x = 0.4$ моль % и 0.9 моль %.

Растворение водорода в этане приводит к уменьшению времени ожидания вскипания τ и снижению температуры достижимого перегрева T_n . Так, температура достижимого перегрева раствора при частоте зародышеобразования $J = 10^7 \text{ м}^{-3} \text{ с}^{-1}$ для концентрации $x = 0.9$ моль % и давлении 1.6 МПа составила 275.9 К, что на 2.3 К ниже значения T_n чистого этана. Для данного раствора при $p = 2.0$ МПа получено $T_n = 279.1$ К. Это значение ниже T_n чистого этана на 2.1 К. Для раствора с концентрацией $x = 0.4$ моль % при давлении 1.6 МПа $T_n = 277.3$ К, при $p = 2.0$ МПа получено $T_n = 280.4$ К.

Работа выполнена под руководством д.ф.-м.н. Байдакова В.Г. при финансовой поддержке РФФИ (проект 15-08-03399-а) и комплексной программы фундаментальных исследований Уральского отделения Российской академии наук (проект №15-1-2-6).

1. Байдаков В.Г. Перегрев криогенных жидкостей, Екатеринбург: УрО РАН (1995).

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ^2H И ^{17}O В ЖИДКИХ СРЕДАХ

Шашков Д.И.^{1*}, Арцыбашева О.М.¹, Моисеев А.В.²

¹⁾ Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия

²⁾ Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар, Россия

*E-mail: shinix88@mail.ru

METHOD FOR DETERMINATION OF LOW ^2H AND ^{17}O CONCENTRATIONS IN LIQUID MEDIA

Shashkov D.I.^{1*}, Arcybasheva O.M.¹, Moiseev A.V.²

¹⁾ Kuban State University, Krasnodar, Russia

²⁾ Kuban State Agricultural University, Krasnodar, Russia

On the basis of nuclear magnetic resonance spectroscopy developed a method for studying the concentration for isotopes of hydrogen (^2H) and oxygen (^{17}O) in liquid media. It is shown that the most suitable chemical compound to create a reference sample, relative to which the measurement was done is trifluoromethanesulfonate europium (III) shift reagent.

Известно, что количественная ЯМР спектроскопия является одним из основным прецизионных методов анализа концентрации дейтерия в биологических жидкостях [1], которая благодаря простоте процедур пробоподготовки и аналитического процесса может быть использована в качестве экспресс-метода

в экспериментальной и клинической практике, например, при мониторинге процессов изотопного ($^2\text{H}/^1\text{H}$ и $^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$) [2].

В связи с вышеизложенным целью представляемой работы являлась разработка нового метода количественного определения ^2H и ^{17}O с помощью ЯМР спектроскопии с применением лантаноидного сдвигающего реагента, добавляемого в зонд в качестве внешнего ЯМР стандарта, относительно которого проводится измерение.

В работе был использован прибор ЯМР фурье-спектрометр 400 МГц (FT NMR SYSTEM модели JNM-ECA 400), с датчиком 40TH5AT/FG2.

Для исследуемого образца использовали откалиброванную основную ЯМР-ампулу диаметром $4,97 \pm 0,013$ мм и длиной 178 мм. В неё помещали исследуемое на изотопный состав вещество. Также имелась откалиброванная внутренняя ЯМР-ампула (коаксиальный внешний стандарт) с длиной концевой капилляра 32 мм и его ёмкостью 40 мкл, которая являлась вставкой в основную ЯМР ампулу и содержала в себе вещество – эталон с такой же как у определяемого вещества молекулярной структурой, но известным изотопным составом. Внутренняя ЯМР-ампула содержала растворённый лантаноидный сдвигающий реагент (трифторметансульфонат европия (III), Sigma Aldrich, безводный и водорастворимый) благодаря которому ЯМР спектр вещества внутренней ампулы был смещён относительно определяемого вещества из основной ампулы, что позволяло произвести интегрирование отдельных сигналов спектра друг относительно друга.

Выбор в качестве лантаноидного сдвигающего реагента именно соединения европия (III) из всех лантаноидов обусловлен тем, что для Eu^{3+} основное электронное состояние диамагнитно (терм $^7\text{F}_0$), а парамагнетизм возникает лишь за счёт возбуждённого состояния $^7\text{F}_1$. Вследствие этого, времена спин-решёточной и спин-спиновой электронной релаксации T_{1e} и T_{2e} крайне короткие и составляют порядка 10^{-12} – 10^{-13} с.

Изменяя процентное содержание дейтерия воды, от природного составляющего около 0,015 % до содержащегося в тяжёлой воде 98% дейтерия, нами было, показано, что парамагнитный сдвиг одинаков для всего диапазона концентраций дейтерия и зависит только от концентрации ионов Eu^{3+} .

Для изучения соотношения $^2\text{H}/^1\text{H}$ в водных растворах оптимальная величина концентрации Eu^{3+} в эталонном образце составляет $0,045 \pm 0,005$ моль/л. Для $^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$ оптимальная концентрация ионов Eu^{3+} составляет 0,120 моль/л.

Определение изотопных соотношений $^2\text{H}/^1\text{H}$ и $^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$, выполненные по разработанной нами методике, было проведено в пробах [1].

Исследование выполнено при финансовой поддержке госзадания Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № 1269).

1. Dzhimak S.S., Basov A.A. et al., *Rus. Phys. J.*, 58, 923 (2015).
2. Dzhimak S.S., Basov A.A., Baryshev M.G. *Dokl. Biochem. Biophys.*, 465, 370 (2015).